

03/8025-SM

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09129536 A**

(43) Date of publication of application: **16.05.97**

(51) Int. Cl. **H01L 21/027**  
**G03F 1/08**  
**G03F 7/20**  
**G03F 7/20**

(21) Application number: **07282871**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **31.10.95**

(72) Inventor: **AIZAKI HISAAKI**

(54) **CHARGED PARTICLE BEAM EXPOSURE SYSTEM AND LIFETIME JUDGING METHOD OF LIGHT TRANSMITTING MASK**

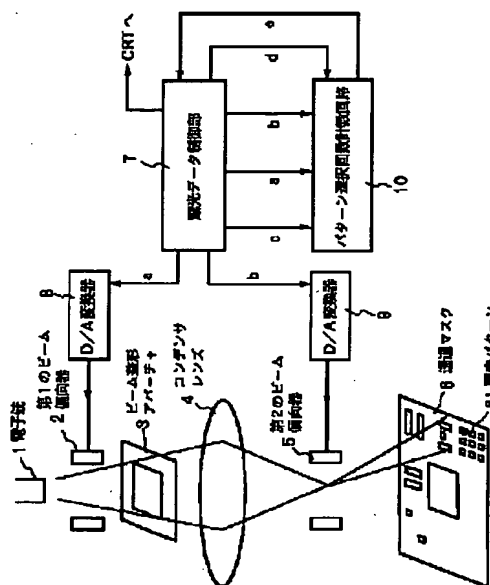
set frequency of warning level is displayed on a CRT.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable a transmission mask used for the exposure of a pattern be replaced before the pattern on the mask is deformed by a method wherein the frequency in use of an element pattern is counted.

**SOLUTION:** The frequency of selection of each element pattern 61 formed on a transmission mask 6 for exposure is counted through a pattern selection frequency counting circuit 10, and the frequency of irradiation of each element pattern 61 is transmitted as data to an exposure data control 7. The exposure data control 7 compares the inputted frequency of selection of each element pattern with a previously set frequency of warning level, and when it is found that the inputted frequency of selection is larger than the previously set frequency of warning level, an indication that the frequency of selection of a pattern is over a previously set frequency is displayed on a CRT, and an alarm lamp is turned on. On the other hand, when the inputted frequency of selection is smaller than the previously set frequency of warning level, the ratio of the inputted frequency of selection to the previously



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129536

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 4 1 S
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	D
7/20	5 0 4		7/20	5 0 4
	5 2 1			5 2 1

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平7-282871

(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 相崎 尚昭

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松浦 兼行

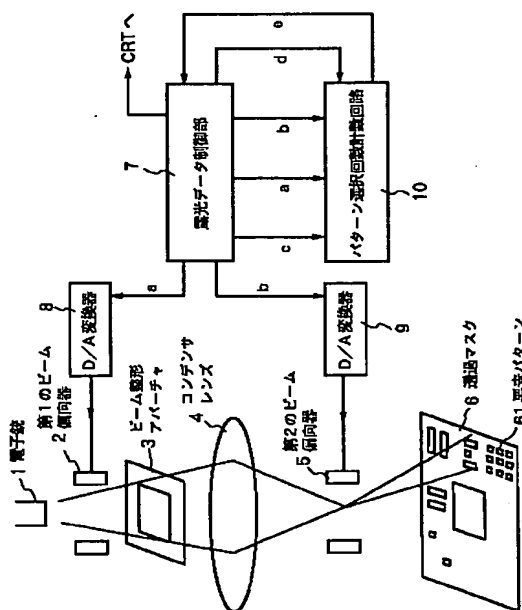
(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム露光装置及び透過マスク寿命判定方法

(57) 【要約】

【課題】 マスクパターン変形が起こった段階で初めて変形を検知できるのであって、あらかじめ透過マスクの耐用期限を予測することはできない。

【解決手段】 露光時に選択された透過マスク6上の要素パターン61のそれぞれについてのパターン選択回数がパターン選択回数計数回路10により計数され、その各要素パターン照射回数のデータが露光データ制御部7に転送される。露光データ制御部7は転送入力された各パターン選択回数データを、あらかじめ設定されている各パターンの警戒レベル回数データと比較し、パターン選択回数が警戒レベル回数より大きい場合にはパターン選択回数オーバーの表示をC R T上に表示し、アラームランプを点灯する等の処理を行う。一方、パターン選択回数が警戒レベル回数以下の場合には警戒レベル回数に対する比率をC R T上に表示する。

本発明の第1の実施の形態の構成図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電粒子ビームを出射する光源と、  
複数の要素パターンの開口部が設けられた透過マスク  
と、  
前記光源からの荷電粒子ビームを前記透過マスク上の所  
望の要素パターンの開口部に照射し、該要素パターンの  
開口部を透過した荷電粒子ビームにより該所望の要素パ  
ターンを試料上に照射して該所望の要素パターンを露光  
する光学系と、  
前記透過マスク上の複数の要素パターンの開口部のうち  
露光中に照射された要素パターンの開口部への前記荷電  
粒子ビームの照射回数を、該要素パターンの開口部毎に  
計数する計数手段と、  
前記計数手段よりの各要素パターンの開口部毎の照射回  
数と警戒レベル回数とをそれぞれ大小比較して前記透過  
マスクの寿命を判定する判定手段とを有することを特徴  
とする荷電粒子ビーム露光装置。

【請求項2】 前記計数手段は、  
前記複数の要素パターンの開口部のうち任意の要素パ  
ターンの開口部に対して前記荷電粒子ビームを選択照射す  
るための偏向器データを該複数の要素パターンの開口部  
のそれぞれについて予め記憶する複数の第1の記憶部  
と、  
該複数の第1の記憶部に対応して設けられた複数の第2  
の記憶部と、  
通常の露光期間中における前記偏向器データを前記第1  
の記憶部の各値と比較し、該偏向器データの値と一致す  
る値を記憶している該第1の記憶部に対応する前記第2  
の記憶部に照射回数値を記憶させるデータ比較回路とよ  
りなり、前記複数の第2の記憶部から前記要素パターン  
の開口部毎の照射回数を出力することを特徴とする請求  
項1記載の荷電粒子ビーム露光装置。

【請求項3】 複数の要素パターンの開口部が設けられ  
ており、任意の要素パターンの開口部を透過した荷電粒  
子ビームにより該所望の要素パターンを試料上に照射し  
て露光する透過マスクの寿命を判定する方法であって、  
前記複数の要素パターンの開口部のうち露光中に照射さ  
れた要素パターンの開口部への前記荷電粒子ビームの照  
射回数を計数し、各要素パターンの開口部毎の照射回数  
と警戒レベル回数とをそれぞれ大小比較して前記透過マ  
スクの寿命を判定することを特徴とする透過マスク寿命  
判定方法。

【請求項4】 荷電粒子ビームを出射する光源と、  
該光源からの該荷電粒子ビームに対し光束断面が通常の  
露光時の第1の径の荷電粒子ビームと該第1の径よりも  
小径の第2の径の荷電粒子ビームをそれぞれ得るビーム  
整形手段と、  
複数の要素パターンの開口部と、該要素パターンに対応  
したパターンの耐久性チェックパターン部が該複数の要  
素パターンが形成された面積よりも小なる面積の領域に

設けられた透過マスクと、  
前記ビーム整形手段からの第1の径の荷電粒子ビームは  
前記透過マスク上の所望の要素パターンの開口部に照射  
し、前記第2の径の荷電粒子ビームは前記透過マスク上  
の耐久性チェックパターン部に通常露光時より大なるビ  
ーム電流密度で照射し、前記要素パターンの開口部を透  
過した荷電粒子ビームにより該所望の要素パターンを試  
料上に照射して該所望の要素パターンを露光する光学系  
と、

10 前記透過マスク上の耐久性チェックパターン部に照射さ  
れる前記第2の径の荷電粒子ビームを偏向走査する偏向  
手段と、  
前記荷電粒子ビームが前記偏向手段により前記耐久チェ  
ックパターン部を走査する時に発生するビームを集めて  
該耐久性チェックパターン部の像を生成して該像から該  
耐久性チェックパターン部の形状変化の変化量を測定す  
る測定手段と、  
該測定手段により測定された該耐久性チェックパターン  
部の形状変化の変化量と警戒レベル変化量とをそれぞれ  
大小比較して前記透過マスクの寿命を判定する判定手段  
とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置。

【請求項5】 通常露光で選択される複数の要素パター  
ンの開口部と該複数の要素パターンの開口部に対応する  
耐久チェックパターン部が設けられており、任意の要素  
パターンの開口部を透過した荷電粒子ビームにより該所  
望の要素パターンを試料上に照射して露光する透過マス  
クの寿命を判定する方法であって、  
通常露光後に該通常露光のビーム電流密度よりも大なる  
ビーム電流密度で前記耐久チェックパターン部を偏向走  
査し、該耐久チェックパターン部を走査する時に発生す  
るビームの電流強度分布から該耐久性チェックパターン  
部の形状変化の変化量を測定し、該測定された該耐久性  
チェックパターン部の形状変化の変化量と警戒レベル変  
化量とをそれぞれ大小比較して前記透過マスクの寿命を  
判定することを特徴とする透過マスク寿命判定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は荷電粒子ビーム露光  
装置及び透過マスク寿命判定方法に係り、特に半導体装  
置の集積回路や集積回路形成用のマスクの製造に用いら  
れる荷電粒子ビーム露光装置及びそれに用いる透過マス  
クの寿命判定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体集積回路の高密度化や高速  
化を向上させるために、半導体集積回路の各素子寸法の  
微細化の努力が続けられている。この素子寸法の微細化  
のために、紫外光を利用した光学的露光装置では、使用  
する光の短波長化、高NA（開口数）化、変形光源など  
露光装置の光学的改善や、位相シフトマスクなど新方式  
の露光方法などが提案されている。また、これと並行し

て電子線あるいはX線露光など新しい露光方式の開発が進められている。特に、256メガビットDRAM（ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ）のような微細パターンをもつ集積回路の形成には電子線露光を用いた試みが種々提案されている。

【0003】これら電子線露光装置には、ポイントビーム型と可変矩形ビーム型があり、これらはいずれもパターンを単位微小領域あるいは矩形領域に分割してポイントビームを偏向走査するか、あるいはパターンに応じた大きさのビームスポットを持つ電子ビームを偏向させ、パターンを一筆描画し露光するため、露光に長時間を要している。例えば上述の256メガビットDRAMでは、チップ当たりの露光時間が10分程度かかってしまい、光露光方式に比べて100倍程度も長い露光時間を必要とする。また、露光装置自体が光学的露光装置に比べて高価であるという欠点を有している。

【0004】そこで、従来、上述した露光時間を短くするために、メモリチップ全体に対応するパターンを含むマスクを用意して、1回の電子線照射によってチップ全面を露光する方式がM. B. ヘリテージにより提案されている（M.B.Heritage:Electron-projection microfabrication system, J. Vac. Sci. Technol., Vol. 12, No. 6, Nov./Dec. (1975), 1135）。しかしながら、この電子線露光方法では、数mm角以上のチップ全面において十分な精度を保証する電子光学系の実現が困難なため、実用化されるまでにいたってない。

【0005】一方、チップ全面でなく、繰り返しのあるパターンを部分的に転写する電子線露光装置も従来より種々提案されている（特開昭52-119185号公報、松阪尚その他：電子ビーム一括図形照射法の検討—その1；電子光学系—、第50回応用物理学会学術講演会講演予稿集、27a-K-6（1989）452、及び、中山義則その他：電子ビーム一括図形照射法の検討—その2；アパーチャー作成—、第50回応用物理学会学術講演会講演予稿集、27a-K-7（1989）452）。この従来の電子線露光装置は、チップの中で周期的なパターン群のうちで電子流密度を均一に保てる程度の大きさのビームスポットに対応する程度の大きさの部分領域を透過マスクとして用意することにより、露光時間の短縮を図ったものであり、電子光学系およびマスクの構成も現実的なレベルであり、量産装置として開発が進められている。

【0006】しかしながら、この従来の電子線露光装置では、透過マスクのマスクパターンが長期間の使用によって変形劣化し、そのまま用いればウェハ上のパターン形状寸法が変化し、高精度のパターン描画ができなくなるという問題がある。このような劣化は、マスク構成材料として用いている金属の温度が電子線の照射によって上昇し、金属原子が移動することによって起こる。

【0007】ウェハ上のパターンにくらべてマスクパ

ターンは25倍程度の大きさである。0.2 $\mu$ mウェハ上の寸法に対しては5 $\mu$ mの寸法となる。ウェハ上の寸法の許容誤差はパターン寸法の1/20程度であるので、0.2 $\mu$ mのウェハパターンの場合には許容誤差は0.01 $\mu$ mである。この値は、マスク上では0.25 $\mu$ mに対応する。

【0008】そこで、従来、この透過マスクのマスクパターンの変形劣化を装置に装着したままで検知する電子線露光装置が提案されている（特開平2-237107号公報）。この従来の電子線露光装置によれば、装置に装着したままの透過マスクを細い電子ビームで走査したときに、電子ビームが透過マスクに衝突したときに透過マスクが放出する二次電子あるいは反射電子等の放射物を検出して、ビーム走査に同期したテレビ画面上にマスクパターンを表示させることで、パターンの欠陥や変形を観察検知する構成である。この観察は、試料の露光の間に行うことができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、透過マスクのマスクパターンの変形劣化を装置に装着したままで検知する従来の電子線露光装置では、マスクパターン変形が起こった段階で初めて変形を検知できるのであって、あらかじめ透過マスクの耐用期限を予測することはできないために、繰り返しマスクパターンを観察する必要があるという問題がある。

【0010】本発明は上記の点に鑑みなされたもので、要素パターンの使用回数を計数することにより、あるいは、透過マスク寿命チェックパターンを設けてマスク形状の変形を加速的に起こさせることにより、パターン露光に用いる透過マスクのパターン変形が起こる前にマスクの交換を行えるようにすることのできる荷電粒子ビーム露光装置および透過マスク寿命判定方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の荷電粒子ビーム露光装置は、荷電粒子ビームを出射する光源と、複数の要素パターンの開口部が設けられた透過マスクと、光源からの荷電粒子ビームを透過マスク上の所望の要素パターンの開口部に照射し、要素パターンの開口部を透過した荷電粒子ビームにより所望の要素パターンを試料上に照射して所望の要素パターンを露光する光学系と、透過マスク上の複数の要素パターンの開口部のうち露光中に照射された要素パターンの開口部への荷電粒子ビームの照射回数を、要素パターンの開口部毎に計数する計数手段と、計数手段よりの各要素パターンの開口部毎の照射回数と警戒レベル回数とをそれぞれ大小比較して透過マスクの寿命を判定する判定手段とを有する構成としたものである。

【0012】ここで、上記の計数手段は、複数の要素パターンの開口部のうち任意の要素パターンの開口部に付

して荷電粒子ビームを選択照射するための偏向器データを該複数の要素パターンの開口部のそれぞれについて予め記憶する複数の第1の記憶部と、複数の第1の記憶部に対応して設けられた複数の第2の記憶部と、通常の露光期間中における偏向器データを第1の記憶部の各値と比較し、偏向器データの値と一致する値を記憶している第1の記憶部に対応する第2の記憶部に照射回数値を記憶させるデータ比較回路とよりなり、複数の第2の記憶部から要素パターンの開口部毎の照射回数を出力することを特徴とする。

【0013】また、本発明の透過マスク寿命判定方法は、前記目的を達成するため、透過マスクの複数の要素パターンの開口部のうち露光中に照射された要素パターンの開口部への荷電粒子ビームの照射回数を計数し、各要素パターンの開口部毎の照射回数と警戒レベル回数をそれぞれ大小比較して透過マスクの寿命を判定する。

【0014】上記の本発明の荷電粒子ビーム露光装置および透過マスク寿命判定方法では、透過マスクの各要素パターンの開口部毎の照射回数に応じてパターン変形量が増大することに着目し、各要素パターンの開口部毎の照射回数と警戒レベル回数を大小比較することで、パターン変形量が所定値以上であるか否かを判定する。

【0015】また、請求項4記載の発明の荷電粒子ビーム露光装置は、荷電粒子ビームを射出する光源と、光源からの荷電粒子ビームに対し光束断面が通常の露光時の第1の径の荷電粒子ビームと第1の径よりも小径の第2の径の荷電粒子ビームをそれぞれ得るビーム整形手段と、複数の要素パターンの開口部と要素パターンに対応したパターンの耐久性チェックパターン部が設けられた透過マスクと、第1の径の荷電粒子ビームは透過マスク上の所望の要素パターンの開口部に照射し、第2の径の荷電粒子ビームは透過マスク上の耐久性チェックパターン部に通常露光時より大なるビーム電流密度で照射し、要素パターンの開口部を透過した荷電粒子ビームにより所望の要素パターンを試料上に露光する光学系と、耐久性チェックパターン部に照射される第2の径の荷電粒子ビームを偏向走査する偏向手段と、荷電粒子ビームが偏向手段により耐久チェックパターン部を走査する時に発生するビームを集めて耐久性チェックパターン部の像を生成して像から耐久性チェックパターン部の形状変化の変化量を測定する測定手段と、測定された耐久性チェックパターン部の形状変化の変化量と警戒レベル変化量とをそれぞれ大小比較して透過マスクの寿命を判定する判定手段とを有する構成である。

【0016】更に、請求項5記載の本発明の透過マスク寿命判定方法は、前記目的を達成するため、通常露光後に通常露光のビーム電流密度よりも大なるビーム電流密度で透過マスクに設けられた耐久チェックパターン部を偏向走査し、耐久チェックパターン部を走査する時に発生するビームの電流強度分布から耐久性チェックパター

ン部の形状変化の変化量を測定し、測定された耐久性チェックパターン部の形状変化の変化量と警戒レベル変化量とをそれぞれ大小比較して透過マスクの寿命を判定するものである。

【0017】上記の請求項4及び5記載の発明の荷電粒子ビーム露光装置および透過マスク寿命判定方法では、透過マスクのビーム電流密度が増大するにつれてパターン変形量が増大することと、透過マスクにおいて通常露光時に使用される要素パターンと同一パターン構成の耐久性チェックパターン部を要素パターンが形成されている面積よりも小面積に形成して、ここに通常露光時より大なるビーム電流密度で荷電粒子ビームを照射すると、少ない露光回数で通常露光時の要素パターンと同等かそれ以上の変形が耐久性チェックパターン部に生じることに着目し、通常露光のビーム電流密度よりも大なるビーム電流密度で荷電粒子ビームを照射したときの耐久性チェックパターン部の形状変化の変化量を測定して、測定結果と警戒レベル変化量とを大小比較して透過マスクの寿命を測定する。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の第1及び第2の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明になる荷電粒子ビーム露光装置の第1の実施の形態の構成図、図2は図1中のパターン照射回数計数回路のブロック図を示す。

【0019】図1に示す荷電粒子ビーム露光装置の光学系は、電子銃1から出射され、第1ビーム偏向器2を通過した電子ビームを、ビーム整形アパーチャ3によりその光束断面が正方形になるように整形し、この電子ビームをコンデンサレンズ4及び第2ビーム偏向器5をそれぞれ介して種々の要素パターン61を含む透過マスク6の適当なパターン位置に重ね合わせ照射し、更にこの透過マスク6を透過してパターン化された電子ビームを図示しない試料上に露光する電子線露光装置の構成である。

【0020】このとき、透過マスク6上のどの要素パターンが選択されるかは、第2ビーム偏向器5に与えられた電圧によって決まり、その電圧の大きさはD/A変換器9に露光データ制御部7から与えられる第2の偏向器データbによって決まる。また、露光の開始と終了は、ビームブランキングの機能を果たす第1ビーム偏向器2に与えられた電圧によって決まり、その電圧の大きさはD/A変換器8に露光データ制御部7から与えられる第1の偏向器データaによって決まる。従って、各々の要素パターンのいずれが選択されたかは、第1の偏向器データaがオン状態を示す時に第2の偏向器データbがどの要素パターンに対応する値になっているかを確認することにより判定できる。

【0021】そこで、この実施の形態では、露光データ制御部7から第1の偏向器データa及び第2の偏向器デ

ータbが入力され、更に後述のデータ登録制御信号c及びデータ読み出し制御信号dが入力されて、各要素パターンの選択回数を計数するパターン選択回数計数回路10を設けた点に特徴がある。

【0022】このパターン選択回数計数回路10は図2のブロック図に示すように、n個の登録データレジスタ101<sub>1</sub>～101<sub>n</sub>と、データ比較回路102と、n個のパターン選択回数レジスタ103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub>からなる。上記のnは透過マスク6の要素パターン61の個数に等しい。データ比較回路102は第2の偏向器データbが

【0023】次に、図2に示すパターン選択回数計数回路10によって各要素パターンの選択回数を計数する手順の詳細を、図3に示す本実施の形態のフローチャートによって説明する。

【0024】まず、露光開始前に露光データ制御部7からのデータ読み出し制御信号dによりパターン選択回数レジスタ103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub>のデータをそれぞれリセットして0にする(ステップ21)。次に、第2の偏向器データbを透過マスク6の第1の要素パターンに対応する

【0025】次に、通常露光を開始する(ステップ23)。このとき、第2の偏向器データbにより透過マスク6の要素パターンが選択されると(ステップ24)、データ比較回路102は、その選択した要素パターンの第2の偏向器データbの値と、登録データレジスタ101<sub>1</sub>～101<sub>n</sub>の各登録データを比較し(ステップ25)、登録データレジスタ101<sub>1</sub>～101<sub>n</sub>の各登録データのうち選択した要素パターンの第2の偏向器データbの値と一致する、登録データに対応するパターン選択回数レジスタの値を+1加算する(ステップ26)。例えば、登録データレジスタ101<sub>1</sub>の登録データと一致したときは、パターン選択回数レジスタ103<sub>1</sub>の値を+1だけインクリメントする。

【0026】以下同様にして、要素パターンが選択されるのに応じて、第2の偏向器データbの値が選択した要素パターンの値に変わり、データ比較回路102はこの第2の偏向器データbの値が登録データレジスタ101<sub>1</sub>～101<sub>n</sub>のうちのどの登録データレジスタからのデータと一致するか比較し(ステップ25)、一致する登録データに対応するパターン選択回数レジスタの値を+1加

算する(ステップ26)ことを露光終了まで繰り返す(ステップ27)。

【0027】データ比較回路102によって判定されるタイミングは、第1の偏向器データaがブランキングをオンにして、ビームを透過マスク6に実際に照射するタイミングに合わせる必要があり、このタイミングはデータ比較回路102に送り込まれる第1の偏向器データaの値によって制御される。

【0028】露光が終了すると、その露光の間に選択されたパターン選択回数、すなわち各要素パターン照射回数のデータが各パターン選択回数レジスタ103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub>に記録されているので、これらを露光データ制御部7に転送する(ステップ28)。この転送においては、露光データ制御部7はデータ読み出し制御信号dによりパターン選択回数レジスタ103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub>を順次選択し、パターン選択回数レジスタ103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub>の各値をパターン選択回数データ出力eとして順次露光データ制御部7へ転送させる。

【0029】露光データ制御部7は転送入力された各パターン選択回数データを、あらかじめ設定されている各パターンの警戒レベル回数データと比較し(ステップ29)、パターン選択回数が警戒レベル回数より大きい場合にはパターン選択回数オーバーの表示を図1では図示を省略した陰極線管(CRT)上に表示し、アラームランプを点灯する等の処理を行う(ステップ30)。一方、パターン選択回数が警戒レベル回数以下の場合には警戒レベル回数に対する比率を上記陰極線管(CRT)上に表示する(ステップ31)。

【0030】ここで、ステップ29で比較するときを用いる警戒レベル回数データは、あらかじめ耐久試験を行って決定しておいたものである。一例として、図4に0.2μmレベルのメモリ回路パターンを露光するとき用いた透過マスク6でのパターン照射回数とパターン変形量との関係をまとめたグラフを示す。用いた透過マスク6の開口部周囲の構造は、Au薄膜(1μm厚)/シリコン薄膜(10μm)/Au薄膜(1μm厚)という3層構造になっている。

【0031】図4において横軸は照射回数、縦軸は要素パターンの変形量であり、要素パターンの種類の違いはプロットマークの違いによって示してある。すなわち、図4中、白四角印はコンタクトホール系の要素パターンであり、黒三角印および黒丸印は配線系の要素パターンを示す。

【0032】同図からわかるように、照射回数が同じでも要素パターンの種類によって変形量は異なるが、いずれの場合にも照射回数が増大するにつれて変形量が大きくなっている。変形量の程度は照射後の透過マスクをSEM観察して評価しており、直線状であったパターン開口部の線が凸凹になったり、開口部が広がるように変形する。このときのもとの基準線位置からの最大変位を変

形量として求めた。

【0033】前述のように、ウェハ上のパターン寸法の25倍の寸法で設計されている透過マスクにおいては、 $0.25\mu\text{m}$ 程度の変形量がマスク耐用限界であるので、この1/2程度の変形が起こる照射回数を警戒レベル回数とすると、警戒レベル回数の値は図4から $10^{14}$ 回程度であることがわかる。なお、照射回数が1/400ないし1/300になると変形量が1/10になることも、図4からわかる。

【0034】このように、この実施の形態では、チップ全面でなく、繰り返しのあるパターンを部分的に転写する方法により露光時間の短縮を図った、透過マスク6を使用する方式の電子ビーム露光装置において、パターン露光に用いる透過マスク6のパターン変形が起こる前に、パターン選択回数オーバー表示を行うようにしたため、この場合は透過マスク6の交換を行うことにより、透過マスク6のマスクパターンの変形劣化を未然に防止することができる。

【0035】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。図5は本発明になる荷電粒子ビーム露光装置の第2の実施の形態の構成図を示す。同図中、図1と同一構成部分には同一符号を付してある。図5に示す荷電粒子ビーム露光装置の光学系は、電子銃1から出射され、第1のコンデンサレンズ11、第1ビーム偏向器2、第2のコンデンサレンズ12をそれぞれ通過した電子ビームを、ビーム整形アパーチャ3によりその光束断面が正方形になるように整形し、この電子ビームを第2のビーム偏向器5及び第3のコンデンサレンズ13をそれぞれ介して種々の要素パターン141を含む透過マスク14の適当なパターン位置に重ね合わせ照射し、更にこの透過マスク14を透過してパターン化された電子ビームを図示しない試料上に露光する電子線露光装置の構成である。

【0036】ビーム整形アパーチャ3には、正方形の開口部3aのほかに微小開口部3bが設けられており、第1のビーム偏向器2に与える電圧によって電子銃1からの電子ビームは開口部3a又は3bを透過する。透過マスク14には、通常の露光の際に用いる要素パターン141の他に各要素パターンと同一パターン構成の耐久性チェックパターン143が耐久性チェックパターン領域142内に設けられている。ただし、各耐久性チェックパターン143の面積は対応する要素パターンの面積に比べて1/10程度である。

【0037】また、第1のコンデンサレンズ11、第2のコンデンサレンズ12および第3のコンデンサレンズ13の電流強度を調節して、透過マスク14上に設けられた耐久性チェックパターン143を照射するときの電子ビームの電流密度を変えることができる。

【0038】この実施の形態は、透過マスク14に耐久性チェックパターン143を設けると共に、その耐久性

チェックパターン143により発生する2次電子を検出するための、引き込み電極15と、蛍光体塗布面16を有する光電管17を設けた点に特徴がある。

【0039】次に、図5に示す透過マスク14の耐久性チェックパターン143によって各要素パターン141の耐久性を加速試験する手順の詳細を図5および図6に示す本発明方法の第2の実施の形態のフローチャートによって説明する。

【0040】まず、図5で図示しないウェハ試料上に通常の露光が開始される(ステップ41)。この露光終了後(ステップ42)、ウェハ試料が装置内から取り出されている間に、以下の加速試験が行われる。

【0041】はじめに、第1のコンデンサレンズ11、第2のコンデンサレンズ12および第3のコンデンサレンズ13の電流強度を調節して透過マスク14上でのビーム電流密度を通常の露光で用いているレベルの10倍に設定する(ステップ43)。次に、透過マスク14上の要素パターン141の中で、ウェハ試料を露光する際に用いたものについて、対応する耐久性チェックパターン143を順次照射する(ステップ44)。このときの照射時間は、露光の際に最も多く使用された要素パターンが使用された合計時間の1/10の時間である。

【0042】その後、ビーム電流密度を通常の露光で用いているレベルに戻し(ステップ45)、耐久性チェックパターン143を走査し(ステップ46)、このとき透過マスク14から発生する2次電子を引き込み電極15によって集め、蛍光体塗布面16にて発生した光を光電管17により電気信号に変換し、その出力を図示しないCRT上に同期表示して耐久性チェックパターン143の形状変化をSEM像で観察し(ステップ47)、パターン変形量を測定する(ステップ48)。

【0043】続いて、測定された耐久性チェックパターン143の変形量を、あらかじめ設定されている各パターンの警戒レベル変形量と比較し(ステップ49)、パターン変形量が警戒レベルより大きい場合には透過マスク14の交換の表示をCRT上に表示し(ステップ50)、アラームランプを点灯する等の処理を行う。一方、パターン変形量が警戒レベル変形量以下の場合には透過マスク14を継続使用する(ステップ51)。

【0044】警戒レベル変形量と照射電流密度との関係を明らかにするために、露光装置とは別の実験装置を用い、照射電流密度を大きく変化させて耐久性チェックパターンの変形量を調べたグラフを図7に示す。用いた透過マスクは $0.2\mu\text{m}$ レベルのメモリ回路パターンを露光するとき用いた透過マスクである。また、照射時間は代表的なメモリ素子である256MビットDRAMを露光するとき最も多く用いられた要素パターンを照射していた時間の総計の1/10であり、今回の場合は10秒である。

【0045】図7において横軸は照射電流密度、縦軸は

耐久性チェックパターンの変形量であり、要素パターンの種類の違いはプロットマークの違いによって示してある。すなわち、白四角印はコンタクトホール系の要素パターンに対応した耐久性チェックパターンであり、黒三角印および丸三角印は配線系の要素パターンに対応した耐久性チェックパターンである。

【0046】図7からわかるように、照射電流密度が同じでも耐久性チェックパターンの種類によって変形量は異なるが、いずれの場合にも照射電流密度が増大するにつれて変形量が大きくなっている。耐久性チェックパターンの変形量の程度は照射後の透過マスク14をSEM観察して評価しており、直線状であったパターン開口部の縁が凸凹になったり、開口部が広がるように変形する。このときのものとの基準線位置からの最大変位を変形量として求めた。

【0047】前述のようにウェハ上のパターン寸法の25倍の寸法で設計されている透過マスクにおいては、 $0.25\mu\text{m}$ 程度の変形量がマスク耐用限界であるので、この1/2程度の変形が起こる照射電流密度を警戒レベルとすれば、その値は図7から $10^4\text{A}/\text{cm}^2$ 程度であることがわかる。また、照射電流密度が1/100になると変形量が1/10になることもわかる。

【0048】実際の露光時における照射電流密度は $10^{-1}\text{A}/\text{cm}^2$ 程度であるので、上記の警戒レベル変形量に対しては電流密度の $10^{-5}$ 程度である。これらの電流密度の範囲で図7のような傾向が同じように見られるとすれば、実際の露光量レベルでの変形量は上記の警戒レベル変形量( $0.125\mu\text{m}$ )に対して $10^{-5}$ の平方根すなわち1/320程度である。

【0049】ところで、図4の説明において述べたように、実際の露光と同じにして露光回数を300倍乃至400倍にすると、変形量が10倍になることが分かっている。このことと、照射電流密度が100倍になると変形量が10倍になることを比較して考えれば、照射電流密度を10倍にする耐久試験は、露光回数すなわち露光時間を10倍にする耐久試験と比べてほぼ同じかやや大きな変形量をもたらすことになる。

【0050】従って、露光回数を1/10にして、かつ、ビーム電流密度を露光レベルの10倍にすると、露光量および電流密度ともに通常レベルである場合に比べて、透過マスクの要素パターンはほぼ同じかやや大きな変形を起こすことになる。このようにして、実際のパターン露光に用いている要素パターン領域での変形量が無視できなくなる前に、耐久性チェックパターンの変形量が警戒レベルを越え、要素パターンの変形量が小さいうちに透過マスクを交換することができる。

【0051】なお、加速試験を行うときのビーム電流密度の大きさは上記の10倍に限られないが、事前に行った耐久性試験の結果から判断して、加速試験を行う際の露光時間(露光回数)と1回の露光総時間との比率を勘

案して決定すればよい。

【0052】なお、本発明は以上の電子ビーム露光装置に限定されるものではなく、荷電粒子ビーム露光装置に適用できるものである。

#### 【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明装置及び方法によれば、透過マスクの各要素パターンの開口部毎の照射回数と警戒レベル回数を大小比較することで、あるいは、通常露光のビーム電流密度よりも大なるビーム電流密度で荷電粒子ビームを照射したときの耐久性チェックパターン部の形状変化の変化量を測定して、測定結果と警戒レベル変化量とを大小比較して透過マスクの寿命を判定するようにしたため、チップ全面でなく、繰り返しのあるパターンを部分的に転写する方法により露光時間の短縮を図った、透過マスクを使用する方式の荷電粒子ビーム露光装置において、パターン露光に用いる透過マスクの耐用期限を予測することができ、透過マスクのパターン変形が起こる前に透過マスクの交換ができ、透過マスクのパターンの変形を未然に防止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明になる荷電粒子ビーム露光装置の第1の実施の形態の構成図である。

【図2】図1中のパターン選択回数計数回路の一例のブロック図である。

【図3】本発明の透過マスク寿命判定方法の第1の実施の形態における手順を示すフローチャートである。

【図4】パターン照射回数とパターン変形量との関係を示すグラフである。

【図5】本発明になる荷電粒子ビーム露光装置の第2の実施の形態の構成図である。

【図6】本発明の透過マスク寿命判定方法の第2の実施の形態における手順を示すフローチャートである。

【図7】パターン照射電流密度と耐久性チェックパターン変形量との関係を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

- 1 電子銃
- 2 第1のビーム偏向器
- 3 ビーム整形アパーチャ
- 4 コンデンサレンズ
- 5 第2のビーム偏向器
- 6、14 透過マスク
- 7 露光データ制御部
- 8、9 DA変換器
- 10 パターン選択回数計数回路
- 15 引き込み電極
- 16 蛍光体塗布面
- 17 光電管
- 61、141 要素パターン開口部
- 101<sub>1</sub>～101<sub>n</sub> 登録データレジスタ
- 102 データ比較回路

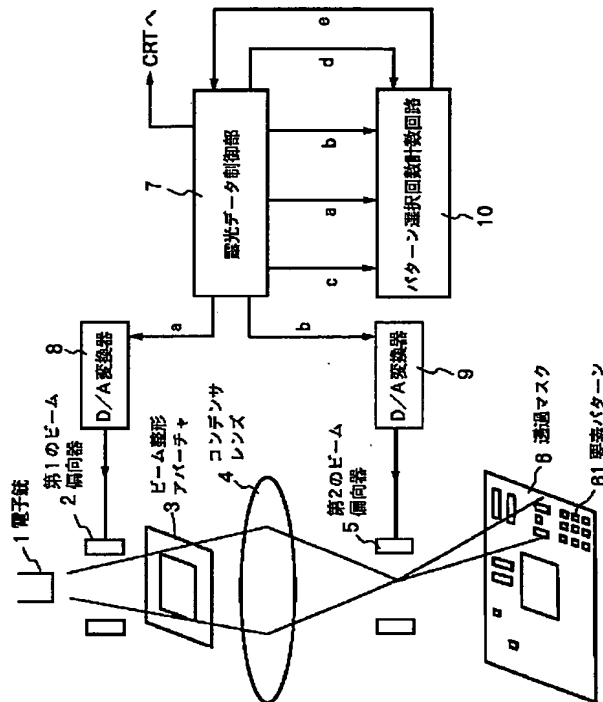


13

- 103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub> パターン選択回数レジスタ  
 142 耐久性チェックパターン領域  
 143 耐久性チェックパターン開口部  
 a 第1のビーム偏向器用データ

【図1】

本発明の第1の実施の形態の構成図

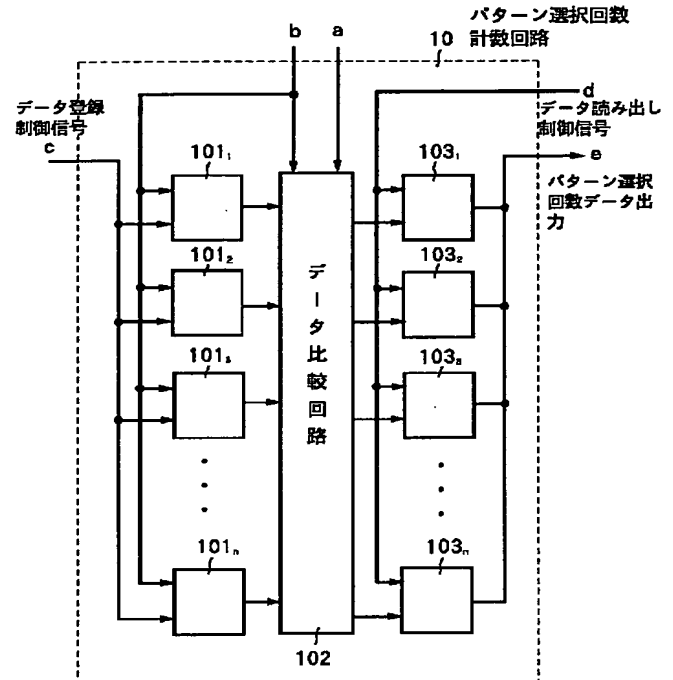


14

- b 第2のビーム偏向器用データ  
 c データ登録制御信号  
 d データ読み出し制御信号  
 e パターン選択回数データ出力信号

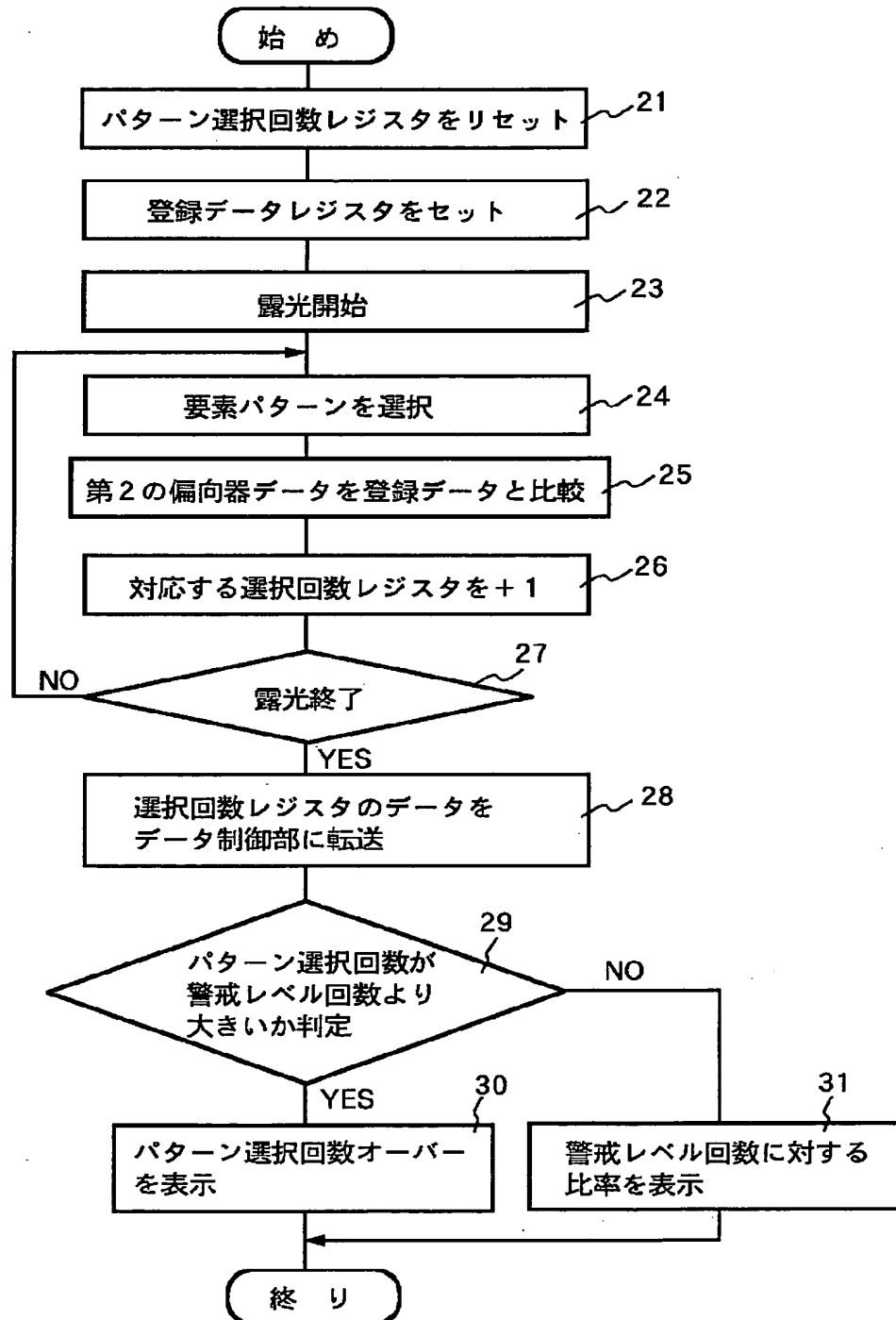
【図2】

図1中のパターン選択回数計数回路の一例のブロック図

101<sub>1</sub>～101<sub>n</sub>: 登録データレジスタ103<sub>1</sub>～103<sub>n</sub>: パターン選択回数レジスタ

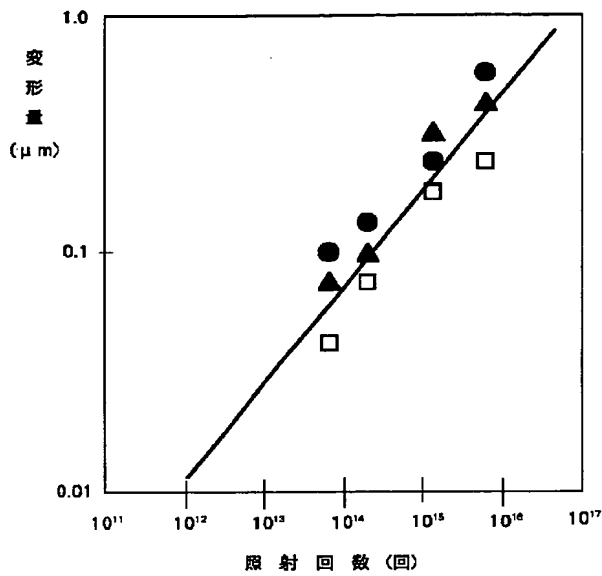
【図3】

本発明方法の第1の実施の形態のフローチャート



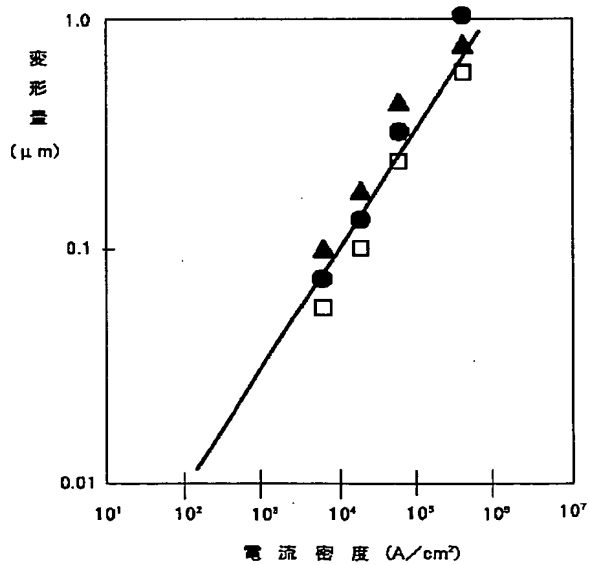
【図4】

照射回数と要素パターン変形量との関係を示すグラフ



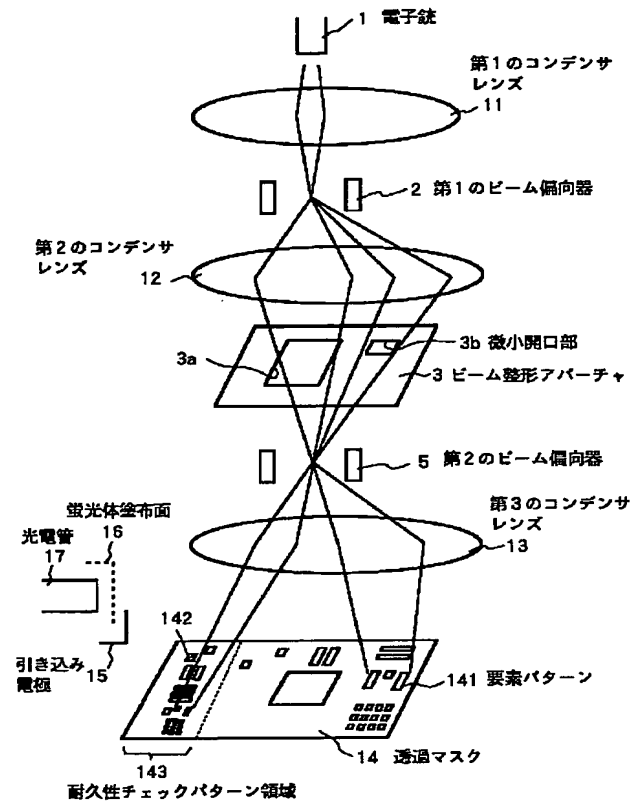
【図7】

耐久性チェックパターンの変形量と照射電流密度の関係を示すグラフ



【図5】

本発明装置の第2の実施の形態の構成図



【図6】

本発明方法の第2の実施の形態のフローチャート

